

**SISTEMA INTEGRADO DE INSTRUMENTAÇÃO PARA POTENCIAL EVOCADO  
BASEADO NUM MICROCOMPUTADOR COMPATÍVEL COM PC-AT:  
I -O promediador**

por

EJ.H. WU<sup>1</sup> e B. WANG<sup>2</sup>

**RESUMO** – Um promediador para potencial evocado (EP) foi desenvolvido usando um PC-AT dotado de um programa escrito na linguagem Assembly. Através de uma placa de conversão A/D de 10 bits com multiplexador, o mesmo é capaz de adquirir e processar até 4 canais de EPs (com 640 pontos cada), sendo a frequência máxima de amostragem 40 kHz para um único canal. Um filtro para rejeição de artefatos, baseado em dados adquiridos no início de cada sessão, pode ser ativado quando necessário. Para facilitar a operação, menus auto-explicativos são utilizados para controlar tanto o promediador como os estimuladores embutidos no PC. Os EPs obtidos podem ser armazenados em discos e reproduzidos através de uma impressora gráfica. Testes preliminares demonstram que este sistema é ideal para clínicas e pequenos hospitais, que poderiam incorporar o EP na sua rotina clínica com um pequeno investimento adicional, pois a maioria já tem PCs.

**INTRODUÇÃO**

O potencial evocado ("evoked potential" ou EP), i.e., potenciais elétricos gerados por células transdutoras e nervosas em resposta a estímulos sensoriais, é amplamente utilizado na prática médica para diagnóstico, avaliação e acompanhamento de terapêuticas de distúrbios dos sistemas neuro-sensoriais. Além de ser uma técnica não invasiva, o EP permite uma avaliação funcional desses sistemas, complementando assim os tradicionais métodos de visualização anatômica (radiológicos, ultrassonográficos e por ressonância magnética nuclear) e testes clínicos baseados na percepção e reação dos pacientes.

A utilização do EP no Brasil vem sendo dificultado pela pequena oferta de equipamentos

---

<sup>1</sup>-Aluno de pós-graduação em Eng. Elétrica/Eng. Biomédica, UNICAMP

<sup>2</sup>-Professor do Depto. Eng. Biomédica e pesquisador do Centro de Eng. Biomédica, UNICAMP

nacionais (somente um único modelo vem sendo oferecido) e pelas dificuldades de importação, aliadas ao seu alto custo. A dificuldade de obtenção do equipamento impede a rápida difusão da técnica, e faz com que a demanda seja reprimida, criando um círculo vicioso extremamente prejudicial aos pacientes.

Com o intuito de proporcionar aos médicos e hospitais brasileiros um equipamento simples e acessível, porém de grande versatilidade e eficácia, foi desenvolvido um sistema integrado de instrumentação para EP utilizando componentes eletrônicos e um computador pessoal (PC) compatível ao PC-AT, todos facilmente encontrados no mercado nacional. Descreve-se neste artigo o promediador, i.e., o processador de sinais que usa a técnica da promediação (Ruchkin e Glasser, 1976). Num artigo complementar (Reis e Wang, 1990), são descritos os estimuladores elétrico e acústico acopláveis ao PC. Outros elementos do sistema já foram descritos em publicações anteriores (vide Kobo e Wang, 1985; Button e Wang, 1989).

### DESCRIÇÃO DO "HARDWARE"

Foi utilizado um PC do tipo AT (neste caso um da marca Microtec, modelo MS286) sem nenhuma alteração nas suas características físicas nem funcionais, de modo que permanece disponível para outras atividades. Os acessórios indispensáveis são: um "driver" para disco flexível, um segundo "driver" para disco flexível ou um disco rígido, um monitor de vídeo comum e uma impressora gráfica (se desejar transferir os PEs para papel). Não há restrição à velocidade do relógio principal (desde que  $< 12$  MHz), já que o programa faz uma leitura desta frequência antes de iniciar a promediação, ajustando adequadamente a aquisição. No PC foi introduzida uma placa de conversão A/D de 10-bits de resolução (modelo CAD10/26, fabricado pela Lynx Tecnologia Ltda.), capaz de realizar conversões numa frequência máxima de 40 kHz e adquirir até 16 sinais distintos através de um multiplexador. Esta placa é inserida em um dos "slots" simples do PC-AT e recebe os EPs previamente condicionados pelos pré-amplificadores através de um cabo ligado a um conjunto de conectores tipo "banana" fêmea.

### DESCRIÇÃO DO "SOFTWARE"

O programa de promediação foi integralmente escrito na linguagem "Assembly" do microprocessador INTEL 8088, embora utilize alguns comandos do sistema operacional DOS (versão 3.20) e o programa GRAPHICS da Microsoft para a reprodução dos PEs via impressora.

Na figura 1 apresenta-se o fluxograma geral do programa de promediação. Explica-se, a seguir, a função dos principais blocos ou conjuntos de blocos, já que vários são auto-

explicativos.

### **Inicialização e Atualização da Data**

Neste bloco são carregados os endereços para que o Assembler possa iniciar o programa e identificar onde estarão os dados, bem como atualizadas a data e o horário.

### **Apresentação do Cabeçalho**

Coloca-se, em seguida, na tela do monitor de vídeo as mensagens iniciais, identificando o objetivo e a origem do programa. Também é inicializada a placa de conversão A/D e detectada a frequência do relógio do sistema, através da aquisição da dados conhecidos pela placa.

### **Apresentação do Menu Principal**

O menu básico do programa é colocado na tela do monitor de vídeo, juntamente com um resumo dos passos a serem efetuados se uma determinada opção for escolhida.

### **Leitura de Arquivo**

Através deste bloco o usuário poderá colocar na tela do monitor PEs registrados anteriormente e armazenados nos discos rígido(s) e/ou flexível(is), sob a forma de arquivos de dados.

### **Parâmetros da Promediação**

Tendo optado pela promediação, é solicitado ao operador selecionar os parâmetros a serem utilizados (dados do paciente, tipo de estímulo, uso opcional do filtro de artefatos, número de aquisições entre as apresentações da "soma intermediária" (Ruchkin e Glasser, 1976) na tela, número de canais a serem processados, frequência(s) de amostragem, ganho(s) do(s) pré-amplificador(es) e número total de aquisições). De acordo com o tipo de estímulo escolhido, o operador é ainda solicitado a selecionar os parâmetros de estimulação. Todos os parâmetros devem ser confirmados pelo operador antes do prosseguimento, sendo permitido cancelamento e reprogramação, se necessária.

Caso o filtro de artefatos tenha sido acionado pelo operador, neste bloco ainda são realizados os cálculos necessários para se determinar os limites, além dos quais um sinal adquirido é rejeitado por conter possivelmente artefatos originários de movimentos involuntários do paciente. Para tanto, são adquiridos, para cada canal, 5120 pontos do potencial captado pelos eletrodos, sem a aplicação de estímulos. Em seguida, são calculados o seu valor médio e o desvio padrão. Os limites de rejeição são fixados como o valor médio somado e subtraído de um número de desvios padrão pré-selecionado pelo usuário, sendo que o número automaticamente adotado pelo programa ("default") é 3.

## **Aquisição dos Dados e Apresentação da Soma Intermediária na Tela**

O microprocessador 80286 fica monitorando o sinal de dado disponível da placa A/D e acessa os dados transferidos pela placa diretamente à memória ("direct memory access" - DMA). O sinal recém adquirido é comparado ponto-a-ponto aos limites do filtro de artefatos e é rejeitado se forem ultrapassados. Caso contrário, o sinal é adicionado ponto-a-ponto à soma intermediária.

Apesar de estar utilizando um PC-AT de 10 MHz, a velocidade de processamento é ainda insuficiente para a visualização da soma intermediária após cada aquisição sem prejuízo da taxa de estimulação. Para contornar este problema, foi incluída uma opção para visualizá-la somente após um certo número de aquisições, sendo este número pré-escolhido pelo usuário. Deste modo, dependendo do número de canais a serem adquiridos, da frequência de amostragem e do número de aquisições determinadas pelo usuário, a taxa de estimulação pode chegar a cerca de 10 estímulos por segundo, que é a máxima normalmente utilizada (vide, e.g., Starr, 1978).

Após a soma de cada sinal adquirido e não rejeitado, o número de aquisições é atualizado e colocado no canto superior direito da tela, mesmo se não for necessário apresentar a nova soma intermediária. Assim, o operador tem realimentação constante do número de segmentos efetivamente processados.

A aquisição é interrompida automaticamente quando o número de EPs adquiridos for igual ao número pré-determinado pelo usuário, sendo a soma intermediária apresentada no monitor vídeo. O usuário também pode interromper a aquisição a qualquer momento, acionando a tecla ESC, porque considera satisfatória a soma intermediária ou detectou algum problema imprevisto (erro de programação, entrada de um grande artefato, etc.). Em ambos os casos, o usuário tem a opção de calcular a média síncrona (ir ao próximo bloco), prosseguir na aquisição ou reiniciar o processo com os mesmos parâmetros, ou com alteração de parâmetros. O número máximo de aquisições está limitada a 16.383, já que foram reservados 3 bytes para cada ponto, que tem resolução de 10 bits.

### **Cálculo da Média Síncrona**

Este bloco permite calcular a média síncrona com as devidas escalas vertical e horizontal. Ao invés de se dividir a soma intermediária pelo número de segmentos efetivamente processados e pelos ganhos dos pré-amplificadores, preferiu-se ajustar apenas a escala vertical, já que a média síncrona tem exatamente o mesmo formato da soma intermediária (Ruchkin e Glasser, 1976), evitando assim cálculos lentos desnecessários e aumento dos erros de quantização.

### **Medida dos Parâmetros na Tela do Monitor de Vídeo**

Uma vez estando o PE apresentado na tela, o operador pode medir diferenças de amplitudes e de tempo entre dois pontos quaisquer do mesmo, utilizando dois cursores móveis, dotados de movimentos horizontais em duas velocidades. Este mesmo par de cursores pode ser

utilizado para medir diferenças de qualquer traço quando mais de um canal é utilizado, sendo que os valores medido apresentados sempre abaixo do respectivo traço.

### **Impressão dos Resultados em Papel**

O(s) PE(s) obtido(s), com os respectivos parâmetros, pode(m) ser reproduzido(s) em papel usando uma impressora gráfica. Junto ao(s) PE(s), são também reproduzidos os dados essenciais do paciente, tipo e parâmetros de estimulação, data do exame e o número total de aquisições efetuadas.

### **Armazenamento dos Resultados em Disco**

O(s) PE(s) obtido(s), com os respectivos parâmetros, pode(m) ser armazenado(s) em disco(s) rígido(s) e/ou flexível(is), com o nome de arquivo digitado pelo próprio usuário. Todos os arquivos ficam automaticamente com a extensão PRM, a fim de facilitar futura recuperação e leitura.

## **RESULTADOS**

O promediador desenvolvido foi testado inicialmente com sinais de parâmetros pré-estabelecidos e, em seguida, com sinais adicionados a ruídos aleatórios gerados por uma junção pn. Em ambos os casos foi possível constatar a reprodução fiel do sinal inicial, bem como a redução do ruído não correlacionado com o sinal.

A Figura 2 apresenta o PE auditivo do tronco cerebral obtido pelo promediador de um voluntário sem problemas auditivos. Embora o registro tenha sido realizado num laboratório comum sem isolamento eletromagnética (i.e., gaiola de Faraday), foi possível "extrair" o PE sem grandes dificuldades.

## **DISCUSSÃO**

Antes de desenvolver este sistema integrado para PE, foi desenvolvido um sistema composto de aparelhos independentes. O promediador anterior, baseado em 8080A (Costa e Wang, 1985), apresentava algumas desvantagens importantes: podia processar apenas um canal cada vez e necessitava de um osciloscópio e um "plotter" para se visualizar e registrar os PEs obtidos.

No projeto do novo estimulador, optou-se por utilizar um PC comercialmente disponível e uma placa de conversão A/D pronta, ao invés de se construir uma série de "hardware". Além da economia de tempo, esta escolha trouxe as vantagens de simplicidade, economia e aumento de confiabilidade. Além disso, facilitará a reprodução e industrialização do sistema. Por outro lado, reconhece-se que esta opção apresenta algumas desvantagens, i.e.,

perda de flexibilidade e dependência de fabricantes do PC, que foram consideradas muito menos significativas que as vantagens.

Com a opção feita por PC, pôde-se concentrar todo o esforço no desenvolvimento de um "software" poderoso, mas simples e acessível. Para facilitar a utilização do programa por usuários pouco familiarizados com o PC, todas as interações com os mesmos são feitas através de menus dotados de explicações. Além disso, várias confirmações são exigidas do usuário antes da realização de cada processamento.

Os testes preliminares feitos com voluntários demonstram que o promediador é tecnicamente capaz de satisfazer as necessidades de qualquer serviço de eletrofisiologia clínica. Espera-se agora testes mais extensivos dentro do Hospital das Clínicas da UNICAMP para comprovar este otimismo e, em seguida, tentar transferir a tecnologia desenvolvida ao setor produtivo nacional.



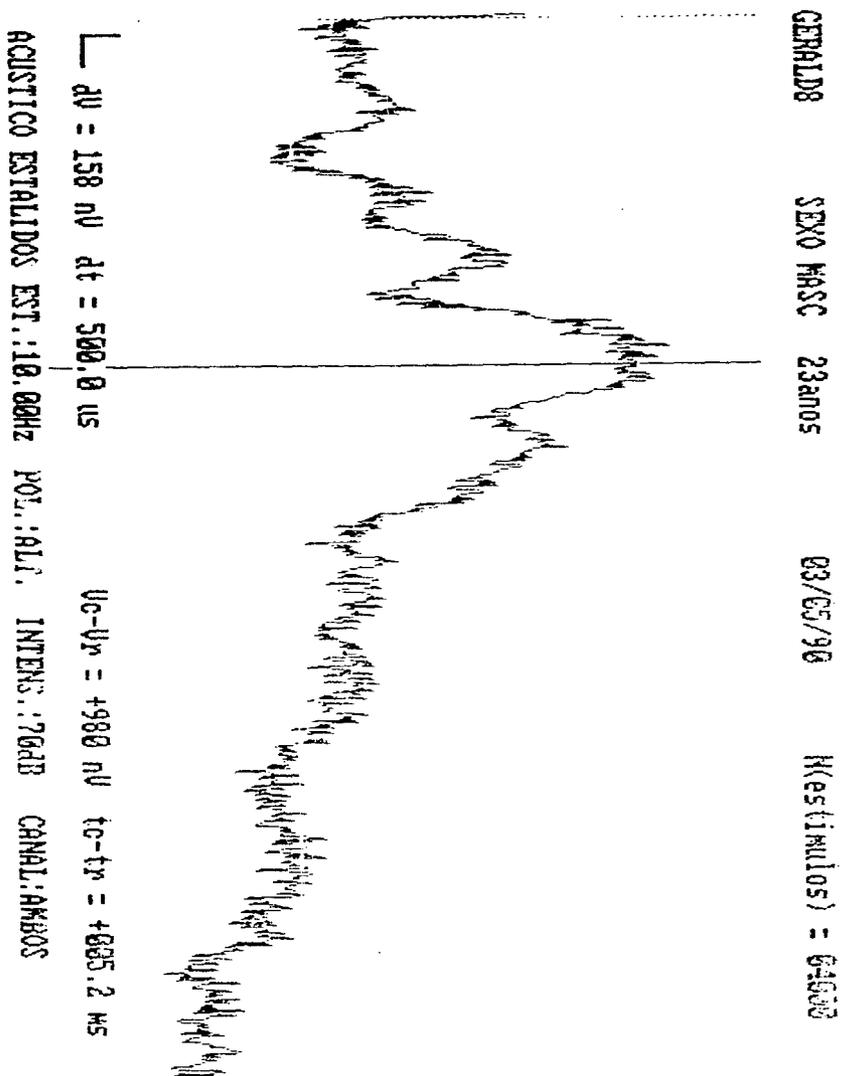


Figura 2. Potencial evocado auditivo do tronco cerebral obtido de um voluntário adulto. Foram aplicados estalidos alternados de 70 dB SPL em ambos os ouvidos e o registro obtido no vértex versus um dos promontórios, tendo como referência o outro. O estimulador acústico utilizado é descrito no artigo complementar (Reis e Wang, 1990).

## REFERÊNCIAS

- BUTTON, V.L.S.N. & Wang, B. (1989). "Projeto e Construção de um Estimulador Optico para Provocar Potencial Evocado Visual". *RBE-Caderno de Engenharia Biomédica*, vol. 6/Nº 2, pp. 359-366
- COSTA, E.T. & Wang, B. (1985). "Promedidor para Processar Potencial Evocado". *Anais do IX Congr. Bras. de Eng. Biomédica*, pp. 121-131
- KOBO, R.M. & Wang, B. (1985). "Desenvolvimento de um Pré-Amplificador Isolado para Potenciais Bio-Elétricos". *Anais do IX Congr. Bras. de Eng. Biomédica*, pp. 139-147
- REIS Jr., G.M. dos & Wang, B. (1990). ""Sistema integrado de instrumentação para pontencial evocado baseado num microcomputador compatível com PC-AT: II - Os estimuladores elétrico e acústico". Submetido ao XII Congr. Bras. Eng. Biomédica.
- RUCHKIN, D.S. & Glaser, E.M. (1976). *Principles of Neurobiological Signal Analysis*. Academic Press, New York.
- STARR, A. (1978). Sensory evoked potentials in clinical disorders of the nervous system. *Ann. Rev. Neurosc.*, 1:103-127.

### **AN INTEGRATED SYSTEM OF INSTRUMENTATION FOR EVOKED POTENTIAL BASED ON A MICROCOMPUTER COMPATIBLE TO PC-AT:I - THE SIGNAL AVERAGER**

**ABSTRACT** --A signal averager for evoked potential (EP) has been built using a microcomputer compatible to PC-AT running a program written in Assembly language. Through a multiplexed 10-bit A/D converter board, it is capable of acquiring and processing up to 4 channels of EPs (each with 640 points), with maximum sampling frequency of 40 kHz for a single channel. An optional artifact-rejection filter based on data acquired in the beginning of each session can be activated whenever necessary. To ease operation by users not familiar with computers, self-explanatory menus are used to control both the averager and stimulators inserted into the PC. The EPs obtained can be stored on hard and/or floppy disks, and reproduced on paper through a graphic printer. Preliminary tests show this system is ideal for clinics and small hospitals, which can incorporate EPs into their practice with little additional investment, since most already have PCs.